

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	マーク	(参考)
G03F 7/20	501	G03F 7/20	501	2H097
7/22		7/22		Z 5F046
9/00		9/00		Z
H01L 21/027		H01L 21/30	515	D
			516	A

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全20頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2000-316451(P2000-316451)
(22)出願日	平成12年10月17日(2000.10.17)
(31)優先権主張番号	特願平11-336472
(32)優先日	平成11年11月26日(1999.11.26)
(33)優先権主張国	日本(JP)

(71)出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72)発明者	柳原 政光 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
(72)発明者	勝目 智弘 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
(74)代理人	100091096 弁理士 平木 祐輔 (外1名)

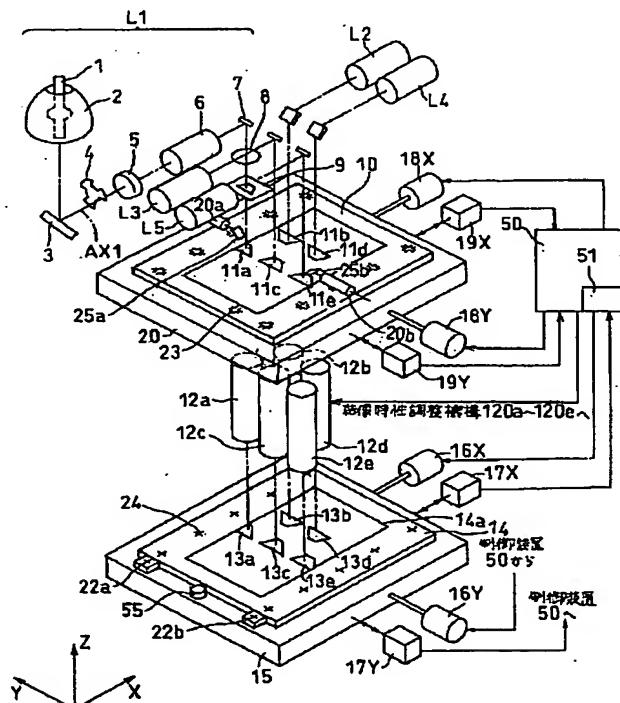
最終頁に続く

(54)【発明の名称】露光装置及び露光方法

(57)【要約】

【課題】 線形補正の誤差の残留成分を最小限に抑えることができ、感光基板及びデバイスの大型化が進む中において高精細化を実現することができる露光装置及び露光方法を提供する。

【解決手段】 マスク10と感光基板14とを同期させて走査露光する走査型露光装置に、投影光学系12a～12eが、基板に投影する投影像の前記走査方向の位置を調整する結像特性調整機構120を備え、走査方向の露光誤差の非線形成分を求め補正值として予め登録しておく、この補正值に基づいて投影光学系の走査方向の結像特性調整機構120を連続的に制御しながらパターン露光を行うようとする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パターンを有したマスクと基板とを所定の走査方向に同期走査して、前記マスクのパターンを投影光学系を介して前記基板に露光する露光装置において、

前記投影光学系が、前記基板に投影する投影像の前記走査方向の位置を調整する走査方向調整手段を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項2】 請求項1記載の露光装置において、

前記投影光学系は反射プリズムと、前記反射プリズムを駆動する駆動部と、レンズと、凹面鏡とを備えるダイソン型光学系を2組組み合わせた構成を有し、一方のダイソン型光学系の前記反射プリズムと前記レンズの間の光路上に倍率調整光学系を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項3】 請求項1記載の露光装置において、前記投影光学系は、前記走査方向と交差する方向に沿って配設された複数の投影光学系モジュールを有し、前記走査方向調整手段は、前記複数の投影光学系モジュールのそれぞれの前記走査方向の投影像の位置を調整することを特徴とする露光装置。

【請求項4】 請求項1記載の露光装置において、前記投影光学系は、複数の投影光学系モジュールを有し、該投影光学系モジュールの投影像の一部を重複して前記基板に前記パターンを露光することを特徴とする露光装置。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項記載の露光装置において、前記走査方向調整手段は、前記基板の形状の変化に応じて前記投影像の位置を調整することを特徴とする露光装置。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか1項に記載の露光装置において、

前記投影光学系の倍率調整を行う倍率調整機構と、前記投影光学系の投影像を回転させる像回転機構との少なくとも一つを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項7】 パターンを有したマスクと基板とを所定の走査方向に同期走査して、前記マスクのパターンを投影光学系を介して前記基板に露光する露光方法において、

前記投影光学系が、前記基板に投影する投影像の前記走査方向の位置を調整するステップを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項8】 請求項7記載の露光方法において、前記投影光学系は、前記走査方向と交差する方向に沿って配設された複数の投影光学系モジュールを有し、前記走査方向の位置の調整は、前記複数の投影光学系モジュールのそれぞれの前記走査方向の投影像の位置を調整することを特徴とする露光方法。

【請求項9】 請求項7記載の露光方法において、

前記投影光学系は複数の投影光学系モジュールを有し、該投影光学系モジュールの投影像の一部を重複して前記基板に前記パターンを露光することを特徴とする露光方法。

【請求項10】 請求項7又は8記載の露光方法において、

前記走査方向の位置の調整は、前記基板の形状の変化に応じて行われることを特徴とする露光方法。

【請求項11】 請求項7～10のいずれか1項記載の露光方法において、

前記投影光学系の倍率調整を行うステップと、前記投影光学系の投影像を回転させるステップとの少なくとも一つのステップを含むことを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の投影光学系と照明系を持つ、スキャン型の露光装置及び露光方法に関する、特に、光学系相互の位置調整が容易であり、プロセス中において変形が生じた基板を露光するにも好適な露光装置及び露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶ディスプレイパネルは、近年その表示品質が著しく向上し、しかも薄くて軽量であることから画像表示装置としてCRTに代わり広く用いられるようになっている。特にアクティブマトリックス方式の直視型液晶パネルでは大画面化が進み、その製造に用いられるガラス基板も大型化している。

【0003】

このような大型のガラス基板にディスプレイパネルの素子パターンを露光するための露光装置として、フォトマスク又はレチカル(以下、マスクという)に形成された原画パターンの像を、投影光学系を介してガラス基板(以下、感光基板という)上に投影し、その際投影光学系に対してマスクと感光基板とを走査するタイプの走査型露光装置がある。

【0004】

上記投影露光装置の一例として、ガラス基板に対して露光処理を行う走査型露光装置を図22及び図23を用いて説明する。図22は、従来の走査型露光装置の概略の構成を示す斜視図、図23は、その要部を示す図である。

【0005】図22及び図23において、断面がコ字状に形成されたキャリッジ101の底面部である感光基板ステージ102に感光基板103が保持され、感光基板ステージ102に対向する上方のマスクステージ104にマスク105が保持される。そして、照明光学系106から照射される露光光によってマスクステージ104に保持されたマスク105の一部の領域のパターンが照明され、マスク105を通過した露光光が結像光学系(投影光学系)107を通過することにより、感光基板103上の一部の領域にマスク105の一部の領域のパ

ターンが転写される。そして、結像光学系 107 に対してマスク 105 を保持するマスクステージ 104 及び感光基板 103 を保持する感光基板ステージ 102 を相対的にスキャンさせることにより、マスク 105 上のパターン領域の全面が感光基板 103 上に転写される。

【0006】また、結像光学系 107 は、単一の投影光学系に代えて、複数の投影光学系 107a～107d を配するものであり、照明光学系 106 から射出した光束がマスク 105 上の複数の小領域をそれぞれ照明する。これらの複数の小領域の転写像は複数の投影光学系 107a～107d のそれぞれを介して感光基板 103 同時に投影される。

【0007】図 24 は、上記走査型露光装置によるスキャン及びステップの露光イメージを示す図である。結像光学系（投影光学系）107 は、図 24 に示す露光フィールドを有しており、感光基板 103 に対して方向 A（走査方向）に 2 回スキャン（SCAN1, SCAN2）し、SCAN2 終了後、方向 B にステップし、さらに方向 C（走査方向）に 2 回スキャン（SCAN3, SCAN4）して全面のマスクパターンの転写を終える。

【0008】また、感光基板 103 の保持機構は、スキャン及びステップを可能とする長ストロークの XY ステージを有し、マスク 105 の保持機構にはスキャンするための長ストロークの X と、感光基板 103 と相対位置補正を可能とする Y 方向及び回転方向の補正用の小ストロークのステージとを有する。

【0009】上述のような露光動作においては、マスク 105 に形成されたパターンの投影像と感光基板 103 上に既に形成されているパターン層とが正確に重ね合わされる必要がある。そこで、マスク 105 と感光基板 103 とのアライメントが行われる。

【0010】このアライメントを行うため、マスク 105 上に形成されたアライメントマークと、感光基板 103 上に形成されたアライメントマークとをアライメント顕微鏡 108 により観察し、これらの位置ずれを検出してマスク 105 と感光基板 103 の位置関係の補正が行われる。感光基板 103 及びマスク 105 の Y 方向両端部には X 方向に沿って複数のアライメントマークが形成されており、それらの 1 または複数に対してアライメント顕微鏡 108 による観察が行われる。そして、これらアライメント顕微鏡 108 の検出結果に基づいて、マスク 105 に対する感光基板 103 の相対位置、相対サイズ等が把握され、これに基づいて、マスク 105 の位置を調整したり、あるいは、結像光学系 107 の倍率を補正したりする。

【0011】図 25 は、上記走査型露光装置で行われるマスク 105 と感光基板 103 との位置合わせ（アライメント）動作を説明するための図である。例えば、アライメント顕微鏡 108 による検出結果により、図 25

(a) に示すように、感光基板 103 とマスク 105 と

が相対的に X 方向及び Y 方向に平行にずれている（シフトしている）状態であることが判明したら、マスク 105 を保持しているマスクテーブルを X 方向に移動させるアクチュエータ、及び Y 方向に移動させる 2 つのアクチュエータを駆動することにより所定量マスク 105 を平行移動させる（シフト補正）。

【0012】また、図 25 (b) に示すように、感光基板 103 とマスク 105 とが Z 軸回りに回転ずれを生じている場合には、Y 方向に移動させる 2 つのアクチュエータの駆動量を異ならせることによりマスク 105 を所定量回転させる（ローテーション補正）。また、図 25 (c) に示すように、マスク 105 と感光基板 103 との相対的な大きさが異なる場合には、Y 方向については結像光学系 107 の倍率を補正するとともに、X 方向については、X 方向に移動させるアクチュエータを駆動して、キャリッジ 101 が走査移動している最中にマスク 105 を X 方向に移動させてマスク 105 と感光基板 103 との相対走査速度を所定量変更するようにして X 方向の倍率を補正するようとする（スケーリング補正）。

【0013】具体的には、例えば、感光基板 103 が X 方向に 4 ppm 伸びている場合には、マスク 105 はキャリッジ 21 の走査に従って走査方向とは逆方向に 4 ppm 分移動させるように X 方向に移動させるアクチュエータを駆動すればよい。なお、マスク 105 のアライメントマークは、マスク作成時に予め作成され、感光基板 103 のアライメントマークは、一般には、初回の露光処理時において作成される。

【0014】上述したように、上記走査型露光装置は、重ね露光のためにアライメントを行うアライメント光学系を搭載しており、スキャン毎に複数ポイントのアライメント計測を行い、各結果からスキャン方向のシフト、非スキャン方向のシフト、倍率、ローテーション、直交度の線形成分を算出し、スキャン露光に加味することが可能である。各シフト、ローテーション、直交度、スキャン方向の倍率については、マスクと感光基板の相対位置をずらすことによって補正し、非スキャン方向の倍率については、各結像光学系に設けられた、倍率補正機構及び非スキャン方向のシフト機構を補正して補正を行う。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来の複数の投影光学系を用いる露光装置では、画面合成を行う複数の投影光学系の各々の投影光学系（以下、「モジュール」という）を所定の性能になるように完成させたのち、画面合成に十分な位置精度で組み合わせるために、各モジュールの寸法精度を厳しく管理して組み合わせる必要があり、また組み合わせ後の位置の再調整は各モジュールの組み合わせを最初からやり直す必要があるという問題があった。

【0016】また、マスクパターンの走査露光に当たっ

ても、近年の液晶デバイスの大型化、高精細化に伴い、上述した線形補正だけでは満足するデバイス性能が得られないことが考えられる。すなわち、デバイス作成にあたり層を形成する段階において、露光以外の工程で基板の熱等による変形の発生が有り得るが、基板の大型化とデバイスの大型化により、線形補正の誤差の残留成分の絶対値が大きくなる一方で、高精細化にあたっては、誤差の残留成分を最小限にする必要がある。

【0017】例えば、一般に投影露光装置に搬送されて露光処理される感光基板は、プロセス中に複数回の加熱処理を通過して、何層にも渡って原画パターンの露光が繰り返される。主にこのプロセス中における加熱処理により、感光基板が伸縮等してその形状が変化してしまう場合がある。例えば、図26(a)に示すように、平面形状が長方形で、各辺部がほぼ直線状であった感光基板が、種々のプロセスを経ることにより、図26(b)に示すように、Y方向に曲線的に曲がってしまったり、図26(c)に示すように、平行四辺形形状に変形してしまうことがある。

【0018】ところが、これら図26(b)、(c)に示すような変形を生じている感光基板を露光しようとすると、露光動作におけるX方向への走査移動と共にY方向の変形量が逐次変化してしまうので、従来のシフト補正、ローテーション補正、及びスケーリング補正では十分にアライメントの補正をすることができないという問題を有している。正確なアライメントが行われずに露光されたパターンは、下地のパターンとの間に無視できない重ね合わせ誤差を生じることになり、結果として、感光基板上に形成した多数の素子の特性が感光基板の領域毎に異なってしまうという問題を生じてしまう。

【0019】本発明は、上記問題点に鑑みなされたもので、組立時の調整が容易であり、装置運用中に再調整の必要が生じた場合にも短時間で再調整を可能とする露光装置を提供することを目的とする。また、本発明は、マスクパターンの走査露光に当たって、線形補正の誤差の残留成分を最小限に抑えることができ、感光基板及びデバイスの大型化が進む中において高精細化を実現することができる露光装置及び露光方法を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記問題点の解決のために、本発明では、露光装置に複数の投影光学系による投影像の位置検出手段と、検出された位置誤差を補正する手段を持たせることとした。

【0021】このように、投影光学像の位置検出手段と検出された位置誤差を補正する手段を備えることにより、各モジュールの寸法精度を厳しく管理する必要もなく、モジュール組み合わせ後の再調整が必要となった場合でも、各モジュールの組み合わせを最初からやり直す必要がなくなる。

【0022】また、本発明においては、パターンを有したマスクと基板とを所定の走査方向に同期走査して、マスクのパターンを投影光学系を介して基板に露光する露光装置において、投影光学系が、基板に投影する投影像の前記走査方向の位置を調整する走査方向調整手段を備えることを特徴とする。

【0023】投影光学系は反射プリズムと、反射プリズムを駆動する駆動部と、レンズと、凹面鏡とを備えるダイソン型光学系を2組組み合わせた構成を有し、一方の10ダイソン型光学系の反射プリズムとレンズの間の光路上に倍率調整光学系を備えるものとすることができる。

【0024】また、投影光学系は、走査方向と交差する方向に沿って配設された複数の投影光学系モジュールを有し、走査方向調整手段は、複数の投影光学系モジュールのそれぞれの前記走査方向の投影像の位置を調整するものであってもよい。また、投影光学系は、複数の投影光学系モジュールを有し、該投影光学系モジュールの投影像の一部を重複して基板にパターンを露光するものであってもよい。

【0025】走査方向調整手段は、基板の形状の変化に応じて投影像の位置を調整するものであってもよい。また、投影光学系の倍率調整を行う倍率調整機構と、投影光学系の投影像を回転させる像回転機構との少なくとも一つを備えるものであってもよい。

【0026】本発明の露光方法は、パターンを有したマスクと基板とを所定の走査方向に同期走査して、前記マスクのパターンを投影光学系を介して前記基板に露光する露光方法において、投影光学系が、基板に投影する投影像の前記走査方向の位置を調整するステップを含むことを特徴とする。

【0027】このとき、投影光学系は、前記走査方向と交差する方向に沿って配設された複数の投影光学系モジュールを有し、走査方向の位置の調整は、複数の投影光学系モジュールのそれぞれの前記走査方向の投影像の位置を調整するものであってもよい。

【0028】また、投影光学系は複数の投影光学系モジュールを有し、該投影光学系モジュールの投影像の一部を重複して基板にパターンを露光するものであってもよい。また、走査方向の位置の調整は、基板の形状の変化40に応じて行われるものであってもよい。また、投影光学系の倍率調整を行うステップと、投影光学系の投影像を回転させるステップとの少なくとも一つのステップを含むものであってもよい。

【0029】投影光学系による露光中の投影像の位置調整は、処理工程で発生する基板の変形に対応して行われる。基板の変形量は、基板の所定の位置に設けられた複数のアライメントマークを計測することにより求めることができる。また、基板上に規則的に配置されたパターンの位置を計測することにより、基板全面における変形50を正確に計測することができる。この場合、パターンマ

ッティングにより認識した基板上のパターン位置を計測し、その計測データを統計処理することにより、基板の変形をほぼ正確に把握することができる。こうして計測された基板の変形に合わせて投影光学系から投影される像を回転させたり、シフトさせたり、倍率を変更したりすることにより、投影像と基板との相対的位置関係を調整することが可能になる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明による走査型露光装置の一例の概略的な構成を示す図である。超高圧水銀ランプ等の光源1から射出した光束は、楕円鏡2で反射された後にダイクロイックミラー3に入射する。このダイクロイックミラー3は露光に必要な波長の光束を反射し、その他の波長の光束を透過する。ダイクロイックミラー3で反射された光束は、光軸AX1に対して進退可能に配置されたシャッター4によって投影光学系側への照射を選択的に制限される。シャッター4が開放されることによって、光束は波長選択フィルター5に入射し、投影光学系12aが転写を行うのに適した波長（通常は、g, h, i線のうち少なくとも1つの帯域）の光束となる。また、この光束の強度分布は光軸近傍が最も高く、周辺になると低下するガウス分布状になるため、少なくとも投影光学系12aの投影領域13a内で強度を均一にする必要がある。このため、フライアイレンズ6とコンデンサーレンズ8によって光束の強度を均一化する。なお、ミラー7は配列上の折り曲げミラーである。

【0031】強度を均一化された光束は、視野絞り9を介してマスク10のパターン面上に照射される。この視野絞り9は感光基板14上の投影領域13aを制限する開口を有する。視野絞り9とマスク10との間にレンズ系を設けて視野絞り9とマスク10のパターン面と感光基板14の投影面とが互いに共役になるようにしてもよい。

【0032】光源1から視野絞り9までの構成を投影光学系12aに対する照明光学系L1とし、この例では照明光学系L1と同様の構成を有する照明光学系L2～L5を設けて、各照明光学系L2～L5からの光束を投影光学系12b～12eのそれぞれに供給する。複数の照明光学系L1～L5のそれから射出された光束は、マスク10上の異なる部分領域（照明領域）11a～11eをそれぞれ照明する。ここで、投影光学系12a～12eの光軸方向をZ方向とし、Z方向に垂直な方向でマスク10及び感光基板14の走査方向をX方向とし、Z方向及びX方向に垂直な方向をY方向とする。

【0033】部分領域11a～11eは、マスク10への露光光の照射領域を規定する台形状の間口を有する複数の視野絞りであり、第1列の部分領域11b, 11dに対して第2列の部分領域11a, 11c, 11eが交互に千鳥状に備えられている。基準位置において、第1

列の部分領域11b, 11dと第2列の部分領域11a, 11c, 11eとは、双方の視野絞りのY方向端部がX方向からみて所定量重なり合うようにして位置している。部分領域11a～11eにおけるX方向に所定量重なり合う端部領域を以下、継ぎ領域と呼ぶことにする。走査露光の際この継ぎ領域を通過するマスクのパターン像は、第1列の部分領域11b, 11dと第2列の部分領域11a, 11c, 11eの双方で露光されて最適な積算露光量が得られるようになっている。また、第10 1列の部分領域11b, 11dの視野絞りのX方向の中心位置と、第2列の部分領域11a, 11c, 11eの視野絞りX方向の中心位置との距離はd（図5参照）に設定されている。

【0034】また、本走査型露光装置には、照明視野絞り部である部分領域11a～11eによって規定される照射領域上のマスク10のパターンを感光基板14に転写するために、各部分領域11a～11eに対応させて千鳥状に配列された5個の投影光学系12a～12eが備えられている。これら投影光学系12a～12eは、20 Y方向に2列に並べられており、各投影光学系は各部分領域11a～11eによって規定されるマスク10上の照射領域に対してそれぞれ割り当てられている。

【0035】また、各列の投影光学系12b, 12d（以下、第1投影列という）、12a, 12c, 12e（以下、第2投影列という）には、結像特性調整機構120（走査方向調整手段）が備えられている。以下、投影光学系12a～12dとして2組のダイソン型光学系を組み合わせた投影光学系を採用した場合を例にとって説明する。

【0036】図2、図3、図4は、投影光学系12a～12eに備えられたレンズモジュールの補正機構を示す図であり、投影光学系12a～12eのうちの一つを模式的に表している。投影光学系12a～12eは同一構成をとるため、ここでは投影光学系12aの結像特性調整機構を代表して説明する。

【0037】投影光学系12aは、2組のダイソン型光学系を上下に組み合わせた構成を有し、第1の部分光学系31～33と、視野絞り34と、第2の部分光学系35～37からなる。第1の部分光学系は、マスク10に面して±45°の傾斜で配置された2つの反射面を持つ直角プリズム31と、マスク10の面内方向に沿った光軸を有するレンズ32及び凹面鏡33を有する。第2の部分光学系は、マスク10に面して±45°の傾斜で配置された2つの反射面を持つ直角プリズム35と、マスク10の面内方向に沿った光軸を有するレンズ36及び凹面鏡37を有する。

【0038】投影光学系12aは、さらに結像特性調整機構として、感光基板14に転写されるマスク10のパターン像をマスク10のX方向及びY方向の移動に応じてシフトさせるためのシフターパー（シフト機構）と、感

光基板14に転写されるマスク10のパターン像を回転させるローテーション補正部（ローテーション補正機構）と、感光基板14に転写されるマスク10のパターン像の倍率を調整する倍率調整部（倍率補正機構）を備える。各投影光学系12a～12eのシフター部、ローテーション補正部、倍率調整部は、制御装置50により個別に制御される。

【0039】シフター部は、マスク直下に配置された平行平板ガラス41、42からなり、Xシフト用の平行平板ガラス41及びYシフト用の平行平板ガラス42をモータなどの駆動手段によって回転させることにより、感光基板14に転写されるマスク10のパターン像をX方向あるいはY方向にシフトさせる。

【0040】ローテーション補正部では、図3に示すように、プリズム台43にピエゾ素子44a、44bを介して固定されている直角プリズム31を、光軸の回りに回転させることによりローテーション補正が行われる。ピエゾ素子44a、44bのどちらか一方を駆動することにより、あるいは両方のピエゾ素子44a、44bを逆方向に駆動することにより、直角プリズム31を図3の矢印aまたはその反対方向に回転させる。これにより投影像は直角プリズム31の回転方向と同方向に回転する。

【0041】また、図4に示すように、両方のピエゾ素子44a、44bを同時に同じ量だけ伸ばすか縮めると、直角プリズム31が矢印cの方向またはその反対方向に移動することにより光路差が生じ、焦点位置が変化してフォーカス調整を行うことができる。なお、図ではピエゾ素子を2箇所に配置するようしているが、3個のピエゾ素子を用いて直角プリズム31を3点で支持するようにしてもよい。

【0042】倍率調整部は、直角プリズム31、レンズ32、凹面鏡33と並んだダイソン型光学系の直角プリズム31とレンズ32との間の一方の光軸上、例えば入力側の光軸上に3枚の光学レンズで構成されたズーム光学系45を挿入することにより実現できる。ズーム光学系45の3枚のレンズの間隔をピエゾ素子等のアクチュエータ46によって制御することで像の投影倍率が制御可能となる。ズーム光学系45のレンズ間隔を制御する以外にも、ズーム光学系45のレンズ間を空気と異なる屈折率を有する気体で置換することによっても投影倍率を可変とすることができます。なお、倍率を調整するズーム光学系45を一方のダイソン型光学系の光路に入れた際に、他方のダイソン型光学系の光路には、そのズーム光学系による影響を打ち消すように、固定されたレンズ群からなる補正光学系47を入れるようとしてもよい。

【0043】第1の部分光学系（ダイソン型光学系）31～33によって形成されるマスク10の1次像は、X方向の横倍率が正であり、かつY方向の横倍率が負である等倍像である。1次像からの光は、第2の部分光学系

35～37を介して、マスク10の2次像を感光基板14の表面上に形成する。従って、感光基板14の表面上に形成される2次像は、マスク10の等倍の正立像（上下左右方向の横倍率が正の像）となる。第1の部分光学系が形成する1次像の位置には、視野絞り34が配置されている。

【0044】また、各投影光学系12a～12eのシフター部、ローテーション補正部、倍率調整部を制御することにより、投影光学系の初期調整を行うことができる。
10 例え、マスク10に設けられた基準マークを基板ステージ15に設けられた撮像素子55で受光することによって投影像の回転量を求め、その値に基づいて、像回転量が所定の値以下になるように各投影光学系12a～12dのローテーション補正部にて直角プリズムの回転量を制御する。像のシフトについては、シフター部の平行平板ガラスを所定量回転させることにより、基板ステージ15に設けられた撮像素子55に投影されたマスクパターンの位置をモニタしてシフトする量を決定する。倍率についても、像の回転補正と同様に、マスクの
20 パターンを基板ステージ15の撮像素子55上に投影して、その像の位置をモニタすることにより、倍率を正確に調整することが可能である。

【0045】後述するように、基板の変形は露光開始の位置と露光終了位置とで異なっており、予め計測されている基板の変形に対応するように、結像特性調整機構を露光中に駆動する。このとき、結像状態を変更するピエゾ素子やモーター等の駆動量と光学的作用について、予めテーブルを持たせることにより適宜補正を行うことが可能である。

【0046】また、感光基板14上の複数の転写像P1～P5は、図5に示すように、それぞれ台形状に整形されている。それぞれの台形状の上辺は、転写像P2及びP4からなる第1転写像列と、転写像P1、P3及びP5からなる第2転写像列とが対向する側に向かっている。また隣り合う転写像P1～P5（例えばP1及びP2、P2及びP3）は、中心がX方向及びY方向にそれぞれ列間距離d及び像間距離Lyだけ互いに隔てられ、台形状の端部がY方向に重複するように配置されている。

【0047】複数の投影光学系12a～12eの光軸も、複数の転写像P1～P5の中心の配置に対応して、X方向及びY方向にそれぞれ列間距離d及び像間距離Lyだけ互いに隔てられている。複数の照明光学系L1～L5は、マスク10上の複数の部分領域11a～11eの中心が複数の転写像P1～P5と同様の配置となるように配されている。

【0048】マスク10を透過した複数の光束は、各照明光学系L1～L5に対応する投影光学系12a～12eを介して感光基板14上の異なる投影領域13a～13eにマスク10の照明領域11a～11eのパターン

像を結像する。投影光学系12a～12eはいずれも正立等倍実結像（正立正像）光学系である。

【0049】感光基板14は基板ステージ15に載置されており、基板ステージ15は一次元の走査露光を行うべく走査方向（X方向）に長いストロークを持ったX方向駆動装置16Xを有している。さらに、走査方向については高分解能及び高精度のX方向位置測定装置（例えばレーザ干渉計）17Xを有する。また、マスク10はマスクステージ20により支持され、このマスクステージ20も基板ステージ15と同様に、走査方向（X方向）に長いストロークを持ったX方向駆動装置18Xとマスクステージ20の走査方向の位置を検出するX方向位置測定装置19Xとを有する。

【0050】さらに、基板ステージ15及びマスクステージ20は、走査方向であるX方向とほぼ直交するY方向に移動する機能を有する。すなわち、基板ステージ15には、基板ステージ15をY方向に駆動するY方向駆動装置16YとY方向位置測定装置17Yが設けられている。同様に、マスクステージ20には、マスクステージ20をY方向に駆動するY方向駆動装置18Yとマスクステージ20のY方向の位置を検出するY方向位置測定装置19Yとが設けられている。基板ステージ15には撮像素子55が設置されており、感光基板14上に投影された台形状のマスクパターンのエッジを検出する。また、基板ステージ15上には、感光基板を上下動させるための不図示のZステージが設置されている。Zステージの高さを変えて露光することにより、ベストフォーカス位置の関係を知ることができる。

【0051】なお、感光基板14及びマスク10を、例えばコの字型の走査フレーム上に固定し、感光基板14とマスク10とを一体として走査方向（X方向）に駆動するように構成することもできる。その場合には、感光基板14とマスク10とを載置した走査フレームをX方向に駆動する駆動装置を備えれば、基板ステージ15をX方向に駆動するX方向駆動装置16Xとマスクステージ20をX方向に駆動するX方向駆動装置18Xとを個別に備える必要はない。

【0052】図6は、基板ステージ15上に保持された感光基板14の上面図である。感光基板14上の投影領域13a～13eは、図6に示すようにY方向に隣合う領域同士（例えば、13aと13b、13bと13c）が図のX方向に所定量変位するように、かつ隣合う領域の端部同士が破線で示すようにY方向に重複するように配置される。よって、上記複数の投影光学系12a～12eも各投影領域13a～13eの配置に対応してX方向に所定量変位するとともにY方向に重複して配置されている。投影領域13a～13eの形状は、図では台形であるが、六角形や菱形、平行四辺形などの形状であっても構わない。また、複数の照明光学系L1～L5は、マスク10上の照明領域11a～11eが上記投影領域

13a～13eと同様の配置となるように配置される。感光基板14には、露光領域14aの外側にアライメントマーク（基板マーク）24a～24jが設けられている。

【0053】図7はマスク10の上面図であり、感光基板14に転写すべきパターンが形成されたパターン領域10aが形成されている。マスク10には、パターン領域10aの外側に、感光基板14の基板マーク24a～24jに対応したアライメントマーク（マスクマーク）23a～23jが設けられている。この例の場合、図から明らかのように、マスク10に形成されたパターン領域10aのY方向寸法は、照明領域11a～11eのY方向寸法より大きい。

【0054】マスク10の上方には、図1及び図7に示すように、アライメント系20a、20bが配置され、このアライメント系20a、20bによってマスク10に設けられたマスクマーク23a～23jを検出するとともに、投影光学系12a及び12eを介して感光基板14上に形成された基板マーク24a～24jを検出する。すなわち、アライメント系20a、20bから射出された照明光を反射鏡25a、25bを介してマスク10上に形成されたマスクマーク23a～23jに照射するとともに、複数配列した投影光学系12a～12eのうちの両端部の光学系12a、12eを介して感光基板14上の基板マーク24a～24jに照射する。

【0055】感光基板14上に形成された基板マーク24a～24jからの反射光は投影光学系12a、12e及び反射鏡25a、25bを介して、またマスク10上に形成されたマスクマーク23a～23jからの反射光は反射鏡25a、25bを介して、それぞれアライメント系20a、20bに入射する。アライメント系20a、20bは、マスク10及び感光基板14からの反射光に基づいて各アライメントマークの位置を検出する。

【0056】図8は、アライメント系20a、20bが検出器としてCCDカメラを備え、画像処理によってマークの位置を求めるタイプのものであるとき、マスクマーク23を撮像した画像を示す説明図である。27はアライメント系の観察視野を、28はアライメント系20a、20b内に設けられた指標マークを表す。マスクステージ20又は基板ステージ15をX方向に所定距離移動した上で、基板ステージ15上の基板マーク22a、22bとマスク10上のマスクマーク23a～23jをアライメント系20a、20bによって同時に検出することにより、基板ステージ15の位置座標とマスク10の位置座標とを明確に対応づけることが可能となる。必要であれば、X方向駆動装置19X及びY方向駆動装置18Yによってマスクステージ20を微動させることによってマスク10の位置を制御する。

【0057】図9は、マスクマーク23と基板マーク24とをアライメント系20a、20bによって同時に撮

像した画像を示す図である。アライメント検出系 20 a, 20 b は、基板ステージ 15 上に設けられた基板マーク 22 に対して指標マーク 28 の位置を管理することによって、基板ステージ 15 の位置基準に対してキャリブレーションすることが可能である。また、マスクステージ 20 と基板ステージ 15 を X 方向に移動しながら、感光基板 14 上の基板マーク 24 a ~ 24 j とマスク 10 上のマスクマーク 23 a ~ 23 j とをアライメント系 20 a, 20 b によって同時に検出することにより、感光基板 14 とマスク 10 との相対位置を検出することができる。

【0058】図 1 に戻って、制御装置 50 は、走査型露光装置全体を制御するものであり、位置測定装置 17 X, 17 Y, 19 X, 19 Y の測定結果と、アライメント系 20 a, 20 b のアライメント出力とが入力されるとともに、各投影光学系 12 a ~ 12 e 内部の結像特性調整機構 120 a ~ 120 e を制御するための制御信号を出力する。

【0059】制御装置 50 は、マイクロコンピュータ等により構成され、記憶装置 51 を有し、後述するようあらかじめ、アライメントマークの検出等により誤差の非線形成分を求め、結像光学系の非スキャン方向のシフト機構と倍率補正機構を補正する演算を行い、各結像特性調整機構 120 a ~ 120 e に制御信号を出力して非スキャン方向の非線形なシフト成分、倍率成分を補正する制御を行う。

【0060】すなわち、制御装置 50 はアライメント系 20 a, 20 b から出力された検出結果に基づいて、従来と同様なシフト補正、ローテーション補正を行い、さらに、感光基板 14 の形状を把握し、走査方向に対する感光基板 14 の形状の変化を補正する補正值を求め、記憶装置 51 に登録する。また、制御装置 50 は、露光動作中、上記補正值に応じて各投影光学系 12 a ~ 12 d の結像特性調整機構 120 を制御するようになっている。

【0061】記憶装置 51 は、ROM、RAM 及び電気的に書換可能な不揮発性メモリである EEPROM (electrically erasable programmable ROM) からなり、制御装置 50 のプログラム、走査露光のための制御データ、さらに誤差の非線形成分に基づくデータなどを記憶する。

【0062】以下、上述のように構成された走査型露光装置の動作を説明する。まず、本発明の基本的な考え方について述べる。本走査型露光装置に搬送されて露光処理される感光基板 14 は、プロセス中に複数回の加熱処理を通過して、何層にも渡って原画パターンの露光が繰り返される。主にこのプロセス中における加熱処理により、感光基板 14 が伸縮等してその形状が変化してしまう場合がある。

【0063】図 10 は、感光基板 14 の変形例を示す図

である。図中、破線で示す長方形部分は変形がない理想的な感光基板を表し、同図実線部分は種々のプロセスを経ることにより曲線状に変形した感光基板を表す。図 10 の例以外にも、樽型、糸巻き型、三日月型等、様々な変形例がある。このような変形を生じている感光基板を露光しようとすると、露光動作における X 方向（走査方向）及び X 方向と直交する Y 方向の変形量が逐次変化してしまうので、単なるシフト補正、ローテーション補正、及びスケーリング補正では十分にアライメントの補正をすることができなかった。

【0064】本発明では、上記感光基板の変形が非線形であることに着目し、走査方向の露光誤差の非線形成分を求め補正值として予め登録しておき、この補正值に基づいて投影光学系の走査方向の像シフト機構を連続的に制御しながらパターン露光を行うようとする。

【0065】このため、あらかじめアライメントマークの検出等により誤差の非線形成分を求め、制御装置 50 が、投影光学系（結像光学系）12 a ~ 12 e の非スキャン方向のシフター部 42（シフト機構）及び、倍率調整部 45（倍率補正機構）を制御することにより、非スキャン方向の非線形なシフト成分、倍率成分を補正する。また、非線形成分を算出するために、図 11 に示すように複数の重ね合わせ精度を測定する基板マーク（重ね計測用マーク）24 を配置する。

【0066】ここで、上記基板マーク 24 に代えて、複数の重ね合わせ精度を測定するバーニヤ（vernier）を感光基板 14 上に設ける構成でもよい。バーニヤは、主目盛のステップ間を更に細分する副目盛を組み合わせるもので、両目盛の一致箇所から感光基板 14 の変形量を知ることができる。さらに、感光基板 14 上に作製された露光パターン（例えば、発光素子を駆動するトランジスタの電極部分）を直接読み取り、読み取った結果を画像処理して感光基板 14 の変形量を求める方法でもよい。このような方法をとれば、図 10 に示す例以外の形状、例えば樽型、糸巻き型、三日月型等の非線形成分の例にも対応可能である。

【0067】次に、上記基本的な考え方について説明する。図 12 は、走査方向の露光誤差の非線形成分を登録する処理を示すフローチャートであり、本フローは通常の露光処理を行う前に、制御装置 50 により実行される。図中、S はフローの各ステップを示す。

【0068】アクティブマトリックス方式の液晶パネルは、そのアクティブ素子を形成するために、製造工程で複数のパターン層を重ね合わせて露光することが必要になる。したがって、製造工程が異なれば露光誤差の非線形成分が異なることが考えられるため、露光する感光基板のプロセスごとに本フローによる露光処理及び補正值登録をしておくことが望ましい。

【0069】まず、ステップ S 10 でマスク 10 を載置

する。このマスク10と後述する露光すべき感光基板14には、露光誤差の非線形成分を精度よく検出できる測定パターン（ここではアライメントマーク）が設けられている。なお、上記専用の測定パターンが形成されたマスク10及び感光基板14に代えて、感光基板14上に作製された露光パターンを直接読み取り、画像処理によってマークの位置を求めるタイプのものでもよい。

【0070】次いで、ステップS11で投影光学系12a～12eを保持している保持部材によって保持されたアライメント系20a, 20bによって、その新しいマスク10を露光装置に対して位置決めする。この位置決めは、図9で説明したように、アライメント系20a, 20bによってマスクマーク23a, 23jを検出し、指標マーク28に対するマスクマークの位置が所定の関係となるように、マスクステージ20上に載置されたマスクの位置を図示しない駆動手段によって調整することによって行われる。

【0071】次いで、ステップS12で、図示しない基板ローダにより基板ステージ15に露光すべき測定用の感光基板14をローディングし、ロードした感光基板14を露光装置に対して位置決めする。具体的には、ステップS11におけるマスク10のアライメントと同様に、アライメント系20a, 20bによって基板マーク24a, 24jを検出し、指標マーク28に対する基板マーク24a, 24jの位置が所定の関係となるように、基板ステージ15上に設けられた図示しない駆動手段を制御することによって行われる。

【0072】ステップS13では、マスクステージ20のX方向駆動装置18X及び基板ステージ15のX方向駆動装置16Xによってマスクステージ20と基板ステージ15とを例えば-X方向に駆動することにより、投影光学系12a～12eに対してマスク10と感光基板14を同期して往路走査する。その際、一方のアライメント系20aによって、マスクマーク23a～23eと基板マーク24a～24eとの相対位置を検出する。他方のアライメント系20bは、マスクマーク23f～23jと基板マーク24f～24jとの相対位置を検出する。こうして検出されたマスクマーク23a～23e, 23f～23jと基板マーク24a～24e, 24f～24jとの相対位置は、記憶装置51に記憶される。

【0073】アライメントマーク検出が終了すると、ステップS14に進み、測定結果に基づいてマスク10に対応する感光基板14の測定誤差を所定ピッチ毎に算出する。この測定ポイントは、感光基板14の露光誤差の非線形成分が適切に検出できる位置及びピッチとする。この場合、製造工程や露光パターンの重ね合わせ精度などに応じて任意のピッチで測定できるようにしてもよい。また、感光基板14に作製された露光パターンを直接読み取り、読み取った結果を画像処理して感光基板14の変形量を求める方法の場合には、測定終了後、制御

装置50が直ぐに実行することができる。

【0074】ステップS15では、測定誤差から感光基板14の非線形成分を求め、この非線形成分をなくすように補正する補正值を演算する。例えば、図13に示すように、感光基板14上のある測定ポイントのX-Y座標が(-400, +300)で表わされるとき、測定結果がそのX-Y座標(-400, +300)からずれていればそのずれに対応するX-Y座標の値（例えば、+0.5, -0.5）を補正值として計算する。

10 【0075】次いで、ステップS16で、上記補正值を記憶装置51に露光装置上の補正係数として登録して本フローを終了する。このように、通常の線形補正が行われた後、前記測定ポイントの各誤差（X方向及びY方向）を算出し、露光データとして記録装置51に登録する。

【0076】すなわち、ステップS13でマスク10と感光基板14とのアライメントが行われ、記憶装置51に記憶されているマスクマーク23a～23jとそれに対応する基板マーク24a～24jとの対の相対位置誤差が最小となるようなマスク10のX方向、Y方向及び回転方向の移動量を最小自乗法等によって求め、それによってマスクステージ20上のマスク10の位置を図示しない駆動手段によって調整することにより線形補正が行われる。そして、このような線形補正を行ってもなお残存する感光基板14の非線形成分が求められ、この非線形成分が補正係数として記憶装置51に登録される。

【0077】次に、走査型露光装置の露光動作について説明する。補正方法に関しては、各結像光学系の非スキヤン方向のシフト機構と、倍率補正機構を補正することにより行う。登録されたデータからスキヤン位置毎の各結像光学系の非スキヤン方向のシフト機構と、倍率補正機構の目標位置を算出し、スキヤン露光中に駆動する。

【0078】図14及び図15は、非線形成分の補正のシーケンスを示す図であり、これらの図においてM1～M5は、5つの投影領域（結像光学系）12a～12eの投影領域を表す。また、前記図10と同様に、感光基板14は、変形がない理想的な感光基板（破線部参照）に対し、曲線状に変形した感光基板（実線部参照）を表わしている。

【0079】図14(a)は、露光開始の段階であり、5つの投影領域M1～M5のうち第1投影列であるM2とM4の露光が始まる。この段階で、記憶装置51に登録されている補正值（補正係数）に従って、M2とM4の非スキヤン方向のシフト機構と、倍率補正機構が制御される。具体的には、第1投影列の投影光学系12b, 12dの結像特性調整機構120のシフタ部42（シフト機構）及び倍率調整部45（倍率補正機構）が、制御装置50により制御される。

【0080】図14(b)では、第2投影列であるM

1、M3及びM5の露光が始まる。この段階では、M2及びM4は、M1、M3及びM5と、M2及びM4のレンズ間隔分先の位置を露光している。M1、M3及びM5においても、M2とM4の補正と同様に、制御装置50がシフター部42(シフト機構)及び倍率調整部122(倍率補正機構)を制御する。ここで、M1、M3及びM5の非スキャン方向のシフト機構と倍率補正機構は、図14(b)の位置での目標位置、すなわち図14(a)のM2とM4の補正とつながる位置に駆動される。このように、M1、M3及びM5の補正值は、常にM2とM4に対し、レンズ間隔分遅れた座標の補正值を目標とし駆動する。こうすることで、レンズ間隔の異なる結像光学系を有する装置構成において、最適な非線形補正が実現可能となる。

【0081】また、M2及びM4近傍の矢印は、その位置において倍率を縮小する制御を行うための補正值が登録されていることを示し、M2及びM4内部の矢印はその位置において矢印方向にシフト制御を行うための補正值が登録されていることを示す。なお、矢印の長さは補正值の補正量の大きさを模式的に表している。

【0082】このとき、M2及びM4は、この位置においては、感光基板(実線部参照)が、変形がない理想的な感光基板(破線部参照)に対し、わずかながら変形しており、M2とM4を縮小させるとともに、矢印方向にシフト補正する補正值が登録されている。制御装置50は、この補正值に従ってシフト機構と倍率補正機構を制御する(この場合、倍率を縮小し感光基板の中心方向にシフトするように制御する)と、M2及びM4は、M2及びM4内の矢印方向に補正される。

【0083】図14(c)では、M1、M3及びM5が、図14(b)のM2及びM4の位置にまで駆動された場合を示し、M1、M3及びM5の補正值は、図14(b)でM2及びM4を補正した補正值に対応した補正值となる。したがって、M1、M3及びM5は、この補正值によって、制御装置50がシフト機構と倍率補正機構を制御し(この場合、倍率を縮小し感光基板の中心方向にシフトするように制御する)と、M1、M3及びM5のうち、M1及びM5についてはM1及びM5内の矢印方向に補正される。

【0084】このとき、M1、M3及びM5に先行するM2及びM4は、感光基板の中心位置に近づいており、図14(b)の変形よりも更に少ない変形位置に達している。この位置においては、図14(b)の補正值よりも倍率及びシフト量が小さい補正值が登録されている。そして、制御装置50がシフト機構と倍率補正機構を制御する(この場合、倍率を縮小し感光基板の中心方向にシフトするように制御する)と、M2及びM4は、M2及びM4内の矢印方向に補正される。

【0085】図15(d)では、M1、M3及びM5が、図14(c)のM2及びM4の位置にまで駆動され

た場合を示し、M1、M3及びM5の補正值は、図14(c)でM2及びM4を補正した補正值に対応した補正值となる。したがって、M1、M3及びM5は、この補正值によって、制御装置50がシフト機構と倍率補正機構を制御し、M1、M3及びM5のうち、M1及びM5についてはM1及びM5内の矢印方向に補正される。このとき、M2及びM4は、この位置においては、感光基板の変形はなく、補正值は0である。したがって、M2及びM4の補正是行われない。

10 【0086】図15(e)では、M1、M3及びM5が、図15(d)のM2及びM4の位置である感光基板の中心位置にまで駆動された場合を示し、感光基板の変形はないため、M1、M3及びM5の補正是行われない。このとき、M2及びM4は、感光基板の走査終端位置に近づいており、この位置においては、感光基板(実線部参照)が、変形がない理想的な感光基板(破線部参照)に対し、わずかながら-Y方向(非走査方向下側、図中では下方)に変形しており、記憶装置51には、M2とM4をこの-Y方向にシフトする補正值が登録されている。そして、制御装置50がこの補正值に基づいてシフト機構を-Y方向に制御することにより、M2及びM4を図の矢印方向に補正する。

【0087】図15(f)では、M1、M3及びM5が、図15(e)のM2及びM4の位置にまで駆動された場合を示し、M1、M3及びM5の補正值は、図15(e)でM2及びM4を補正した補正值に対応した補正值となる。したがって、M1、M3及びM5は、この補正值によって、制御装置50がシフト機構を制御し(この場合、シフト機構を-Y方向に制御する)と、M1、

30 M3及びM5は、M1及びM5内の矢印方向に補正される。このとき、M2及びM4は、感光基板の走査終端位置にあり、この位置においては、感光基板(実線部参照)が、変形がない理想的な感光基板(破線部参照)に対し、より大きく-Y方向に変形しており、記憶装置51には、この-Y方向に対応する補正值が登録されている。そして、制御装置50がこの補正值に基づいてシフト機構を-Y方向に制御することにより、M2及びM4を図の矢印方向に補正する。

【0088】最後に、図15(g)では、M1、M3及びM5が、図15(f)のM2及びM4の位置にまで駆動された場合を示し、M1、M3及びM5の補正值は、図15(e)でM2及びM4を補正した補正值に対応した補正值となる。したがって、M1、M3及びM5は、この補正值によって、制御装置50がシフト機構を制御し(この場合シフト機構を-Y方向に制御する)と、M1、M3及びM5は、M1及びM5内の矢印方向に補正される。このとき、M2及びM4は、露光終了し、シフト機構と倍率補正機構の制御は行われない。

【0089】上述したように、走査方向の露光誤差の非線形成分が、補正值として予め登録されており、この補

正直に基づいて投影光学系M1～M5の走査方向の像シフト機構及び倍率機構が連続的に制御される。図14及び図15では、代表的な位置における投影光学系M1～M5の補正について説明したが、実際には、露光位置に応じて登録された補正值の数はもっと多く、かつ各位置におけるシフト量及び倍率はそれぞれ異なる。また、投影光学系M1～M5は、それぞれ内部にシフター部41（シフト機構）と、倍率調整部45（倍率補正機構）と、ローテーション補正部43（ローテーション補正機構）とからなる結像特性調整機構120を有し、制御装置50によりそれぞれ別個に連続的に制御される。

【0090】ところで、従来においても、各投影光学系に、転写像をX方向及びY方向に移動させたり光軸に対して回転方向に移動させる機構と、転写像の倍率を調整する機構とからなる像シフト・回転・倍率調整機構とを設け、直交度誤差に応じて転写像をシフト及び回転することは行われていた（特開平8-8172号公報参照）。しかしながら、上記調整機構によるシフト及び回転は、あくまでも線形補正であり、かつ、上記調整機構を用いて第1投影列の投影光学系と第2投影列の投影光学系をシフト又は回転させるものであった。

【0091】これに対して、本実施の形態に係る走査型露光装置では、非線形成分を含む感光基板の形状の変化を補正值として予め登録し、登録した補正值に基づいて各投影光学系の走査方向の結像特性調整機構120を、それぞれ連続的に制御しながらパターン露光を行うものである。例えば、図15(d)に示したように、M2及びM4については補正を行わない一方で、M1とM3については、倍率を縮小するとともに中心方向にシフトするように補正し、M3については、倍率の縮小のみを行うように補正する。しかもこのような調整が、制御装置50により連続的に制御される。これにより、第1及び第2投影列の投影光学系の線形補正では、補正しきれなかった非線形成分による誤差をも補正することができる。

【0092】図16は、走査露光のシーケンスを示すフローチャートであり、予め登録された補正值に基づいて投影光学系12a～12eの結像特性調整機構120を連続的に制御しながらパターン露光を行うものである。前述したように、アクティブマトリックス方式の液晶パネルは、そのアクティブ素子を形成するために、製造工程で複数のパターン層を重ね合わせて露光することが必要になる。このため、原板となるマスク10が複数枚用意され、マスクを交換しながらパターン層の重ね合わせ露光を行う。

【0093】まず、マスクステージ20に載置されているマスク10が図示しないマスクローダにより交換されたとき、すなわちステップS20の判定が「YES」の場合には、ステップS21に進み、投影光学系12a～12eを保持している保持部材によって保持されたアラ

イメント系20a, 20bによって、その新しいマスク10を露光装置に対して位置決めする。この位置決めは、図9で説明したように、アライメント系20a, 20bによってマスクマーク23a, 23jを検出し、指標マーク28に対するマスクマークの位置が所定の関係となるように、マスクステージ20上に載置されたマスクの位置を図示しない駆動手段によって調整することによって行われる。マスクを交換しなかった場合には、このステップS21は省略される。

10 【0094】次いで、ステップS22に進み、図示しない基板ローダにより基板ステージ15に露光すべき感光基板14をローディングし、ロードした感光基板14を露光装置に対して位置決めする。具体的には、ステップS21におけるマスク10のアライメントと同様に、アライメント系20a, 20bによって基板マーク24a, 24jを検出し、指標マーク28に対する基板マーク24a, 24jの位置が所定の関係となるように、基板ステージ15上に設けられた図示しない駆動手段を制御することによって行われる。

20 【0095】ステップS23では、マスクステージ20のX方向駆動装置18X及び基板ステージ15のX方向駆動装置16Xによってマスクステージ20と基板ステージ15とを例えれば-X方向に駆動することにより、投影光学系12a～12eに対してマスク10と感光基板14を同期して往路走査する。その際、一方のアライメント系20aによって、マスクマーク23a～23eと基板マーク24a～24eとの相対位置を検出する。他方のアライメント系20bは、マスクマーク23f～23jと基板マーク24f～24jとの相対位置を検出する。こうして検出されたマスクマーク23a～23e, 23f～23jと基板マーク24a～24e, 24f～24jとの相対位置は、記憶装置51に記憶される。

30 【0096】マスク10と感光基板14の往路走査が終了すると、マスク10が照明領域11a～11eから完全に外れ、感光基板14が投影領域13a～13eから完全に外れた走査開始位置において、マスク10と感光基板14とのアライメントを行う。ステップS24でのアライメントは、ステップS23において往路走査の間に検出され記憶装置51に記憶されているマスクマーク23a～23e, 23f～23j及びそれと対をなす基板マーク24a～24e, 24f～24jの相対位置誤差が最小となるようなマスク10のX方向、Y方向及び回転方向の移動量を最小自乗法等によって求め、それにしたがってマスクステージ20上のマスク10の位置を図示しない駆動手段によって調整することにより行われる。

40 【0097】その後、ステップS25に進み、マスク10及び感光基板14を投影光学系12a～12eに対して+X方向に同期走査（復路走査）することにより、走査露光が行われる。

【0098】この走査露光中においては、制御装置50が、あらかじめ登録されている補正值に基づいて各投影光学系12a～12eの結像特性調整機構120を、それぞれ連続的に制御する。すなわち、記憶装置51には、図12のフローによる露光処理及び補正值登録によって、あらかじめ該当する感光基板についての補正值が格納されており、制御装置50は、記憶装置51から該当する感光基板についての補正值を読み出して、各投影光学系12a～12eの非スキャン方向のシフト機構と、倍率補正機構を制御する。詳細には、制御装置50は、読み出した補正值を基に、非スキャン方向のシフト機構と倍率補正機構の目標位置を算出し、スキャン露光中にこれら調整機構を駆動する。また、図14及び図15において、M1、M3及びM5の非スキャン方向のシフト機構と倍率補正機構は、M2とM4の補正とつながる位置に駆動される。このように、M1、M3及びM5の補正值は、常にM2とM4に対し、レンズ間隔分遅れた座標の補正值を目標とし駆動する。

【0099】こうすることで、レンズ間隔の異なる結像光学系12a～12eを有する装置構成において、最適な非線形補正が実現可能となる。その結果、投影光学系12b、12dによる投影領域と、投影光学系12a、12c、12eによる投影領域とが、きわめて精度よく、相互に細長い領域で重なり合って、連続した1つの大きなパターンを露光むらなく露光することができる。

【0100】上述したように、非スキャン方向の非線形補正を行う例について説明したが、同様の方法によって、さらにスキャン方向の非線形補正を実現する例について述べる。図17は、感光基板14の変形例を示す図である。図中、破線に示す長方形部分は変形がない理想的な感光基板を表し、同図実線部分は種々のプロセスを経ることによりスキャン方向及び非スキャン方向が共に曲線状に変形した感光基板を表す。図17の例以外にも、樽型、糸巻き型、三日月型等、様々な変形例がある。このような変形を生じている感光基板について露光ずれを補正する。

【0101】図18は、基板ステージ15上に保持された感光基板14の上面図である。感光基板14には、露光領域14aの外側の非スキャン方向にさらにアライメントマーク(基板マーク)24k～24pが追加されている。すなわち、非スキャン方向の非線形補正に加え、スキャン方向の非線形成分を算出するために、図18に示すように複数の重ね合わせ精度を測定する基板マーク(重ね計測用マーク)24k～24pを配置し、測定ポイントを追加する。ここで、上記基板マーク24a～24pに代えて、複数の重ね合わせ精度を測定するバーニヤを感光基板14上に設ける構成でもよい。

【0102】図19及び図20は、非線形成分の補正のシーケンスを示す図であり、スキャン方向のシフト機構を制御すること以外は、第1の実施の形態(図14及び

図15参照)と同様である。これらの図においてM1～M5は、5つの投影光学系12a～12eの投影領域を表す。また、前記図17と同様に、感光基板14は、変形がない理想的な感光基板(破線部参照)に対し、スキャン方向及び非スキャン方向が共に曲線状に変形した感光基板(実線部参照)を表わしている。

【0103】図19(a)は、露光開始の段階であり、5つの投影領域M1～M5のうち第1投影列であるM2とM4の露光が始まる。この段階で、記憶装置51に登録されている補正值(補正係数)に従って、M2とM4の非スキャン方向及びスキャン方向のシフト機構と、倍率補正機構が制御される。具体的には、第1投影列の投影光学系12b、12dの結像特性調整機構120のシフター部41、42(シフト機構)及び倍率調整部45(倍率補正機構)が、制御装置50により制御される。

【0104】図19(b)では、第2投影列であるM1、M3及びM5の露光が始まる。この段階では、M2及びM4は、M1、M3及びM5と、M2及びM4のレンズ間隔分先の位置を露光している。M1、M3及びM5においても、M2とM4の補正と同様に、制御装置50がシフター部41、42(シフト機構)及び倍率調整部45(倍率補正機構)を制御する。ここで、M1、M3及びM5の非スキャン方向及びスキャン方向のシフト機構と倍率補正機構は、図19(b)の位置での目標位置、すなわち図19(a)のM2とM4の補正とつながる位置に駆動される。このように、M1、M3及びM5の補正值は、常にM2とM4に対し、レンズ間隔分遅れた座標の補正值を目標とし駆動する。こうすることで、レンズ間隔の異なる結像光学系を有する装置構成において、最適な非線形補正が実現可能となる。

【0105】また、M2及びM4近傍の矢印は、その位置において倍率を縮小する制御を行うための補正值が登録されていることを示し、M2及びM4内部の矢印はその位置において矢印方向にシフト制御を行うための補正值が登録されていることを示す。なお、矢印の長さは補正值の補正量の大きさを模式的に表している。

【0106】このとき、M2及びM4は、この位置においては、感光基板(実線部参照)が、変形がない理想的な感光基板(破線部参照)に対し、スキャン方向及び非スキャン方向が共に曲線状に変形している。記憶装置51には、M2とM4を縮小させるとともに、矢印方向(X方向及びY方向)にシフト補正する補正值が登録されている。制御装置50は、この補正值に従ってシフト機構と倍率補正機構を制御する(この場合、倍率を縮小し、かつ感光基板の中心方向及び走査方向(X方向)にシフトするように制御する)と、M2及びM4は、M2及びM4内の矢印方向に補正される。

【0107】図19(c)では、M1、M3及びM5が、図19(b)のM2及びM4の位置にまで駆動された場合を示し、M1、M3及びM5の補正值は、図19

(b) でM 2 及びM 4 を補正した補正值に対応した補正值となる。したがって、M 1 、M 3 及びM 5 は、この補正值によって、制御装置5 0 がシフト機構と倍率補正機構を制御し（この場合、倍率を縮小し、かつ感光基板の中心方向及び走査方向にシフトするように制御する）と、M 1 、M 3 及びM 5 のうち、M 1 及びM 5 はM 1 及びM 5 内の矢印方向に補正される。

【0108】このとき、M 1 、M 3 及びM 5 に先行するM 2 及びM 4 は、感光基板の中心位置に近づいており、図19 (b) の変形よりも更に少ない変形位置に達している。この位置においては、図19 (b) の補正值よりも倍率及びシフト量が小さい補正值が登録されている。そして、制御装置5 0 がシフト機構と倍率補正機構を制御する（この場合、倍率を縮小し、かつ中心方向及び走査方向にシフトするように制御する）と、M 2 及びM 4 は、M 2 及びM 4 内の矢印方向に補正される。

【0109】図20 (d) では、M 1 、M 3 及びM 5 が、図19 (c) のM 2 及びM 4 の位置にまで駆動された場合を示し、M 1 、M 3 及びM 5 の補正值は、図19

(c) でM 2 及びM 4 を補正した補正值に対応した補正值となる。したがって、M 1 、M 3 及びM 5 は、この補正值によって、制御装置5 0 がシフト機構と倍率補正機構を制御し、M 1 、M 3 及びM 5 のうち、M 1 及びM 5 はM 1 及びM 5 内の矢印方向に補正される。このとき、M 2 及びM 4 は、この位置においては、感光基板の変形はなく、補正值は0である。したがって、M 2 及びM 4 の補正是行われない。

【0110】図20 (e) では、M 1 、M 3 及びM 5 が、図20 (d) のM 2 及びM 4 の位置である感光基板の中心位置にまで駆動された場合を示し、感光基板の変形はないため、M 1 、M 3 及びM 5 の補正是行われない。このとき、M 2 及びM 4 は、感光基板の走査終端位置に近づいており、この位置においては、感光基板（実線部参照）が、変形がない理想的な感光基板（破線部参照）に対し、わずかながら-Y 方向及び-X 方向に変形しており、記憶装置5 1 には、M 2 とM 4 をこの-Y 方向にシフトする補正值が登録されている。そして、制御装置5 0 がこの補正值に基づいてシフト機構を-Y 方向及び-X 方向に制御することにより、M 2 及びM 4 を図の矢印方向に補正する。

【0111】図20 (f) では、M 1 、M 3 及びM 5 が、図20 (e) のM 2 及びM 4 の位置にまで駆動された場合を示し、M 1 、M 3 及びM 5 の補正值は、図20 (e) でM 2 及びM 4 を補正した補正值に対応した補正值となる。したがって、M 1 、M 3 及びM 5 は、この補正值によって、制御装置5 0 がシフト機構を制御し（この場合、シフト機構を-Y 方向及び-X 方向に制御する）と、M 1 、M 3 及びM 5 のうち、M 1 及びM 5 はM 1 及びM 5 内の矢印方向に補正される。このとき、M 2 及びM 4 は、感光基板の走査終端位置にあり、この位置

においては、感光基板（実線部参照）が、変形がない理想的な感光基板（破線部参照）に対し、スキャン方向及び非スキャン方向が共に曲線状に変形している。記憶装置5 1 には、このスキャン方向及び非スキャン方向に対応する補正值が登録されている。そして、制御装置5 0 がこの補正值に基づいてシフト機構をスキャン方向及び非スキャン方向に制御することにより、M 2 及びM 4 を図の矢印方向に補正する。

【0112】最後に、図20 (g) では、M 1 、M 3 及びM 5 が、図20 (f) のM 2 及びM 4 の位置にまで駆動された場合を示し、M 1 、M 3 及びM 5 の補正值は、図20 (e) でM 2 及びM 4 を補正した補正值に対応した補正值となる。したがって、M 1 、M 3 及びM 5 は、この補正值によって、制御装置5 0 がシフト機構を制御し（この場合シフト機構を-Y 方向及び-X 方向に制御する）と、M 1 、M 3 及びM 5 は、M 1 及びM 5 内の矢印方向に補正される。このとき、M 2 及びM 4 は、露光終了し、シフト機構と倍率補正機構の制御は行われない。

【0113】上述したように、走査方向及び非走査方向の露光誤差の非線形成分が、補正值として予め登録されており、この補正值に基づいて投影光学系12a～12e の走査方向の像シフト機構及び倍率機構が連続的に制御される。図19及び図20では、代表的な位置における投影光学系12a～12e の補正について説明したが、実際には、露光位置に応じて登録された補正值の数はもっと多く、かつ各位置におけるシフト量及び倍率はそれぞれ異なる。また、投影光学系12a～12e は、それぞれ内部にシフター部41、42（シフト機構）と、倍率調整部45（倍率補正機構）と、ローテーション補正部43（ローテーション補正機構）とからなる結像特性調整機構120 を有し、制御装置5 0 によりそれぞれ別個に連続的に制御される。

【0114】次に、ローテーション補正機構を用いる場合の例について説明する。非スキャン方向及びスキャン方向の非線形補正を実現する際、制御装置5 0 が、投影光学系の非スキャン方向のシフト機構、スキャン方向のシフト機構、倍率補正機構、及びローテーション補正機構を制御することにより、非スキャン方向及びスキャン方向の非線形なシフト成分、倍率成分を補正し、かつスキャン方向の非線形補正を滑らかに継ぐようにするものである。

【0115】例えば、前記図17に示したようスキャン方向及び非スキャン方向が共に曲線状に変形した感光基板において、前記図19及び図20で説明した非線形成分の補正のシーケンスを実行する。図21は、ローテーション補正機構を用いて非線形成分を補正する例を示す概念図である。投影光学系12a～12e の投影領域M 1 ～M 5 近傍の矢印は、その位置において倍率を縮小する補正を行うことを示し、M 1 ～M 5 内部の矢印はその

位置において矢印方向にシフト補正を行うことを示し、円弧状矢印はその方向にローテーション補正を行うことを示している。

【0116】記憶装置51には、図12のフローによる露光処理及び補正值登録によって、あらかじめ該当する感光基板についての補正值が格納されており、制御装置50は、読み出した補正值を基に、非スキャン方向及びスキャン方向のシフト機構と倍率補正機構、及びローテーション補正機構の目標位置を算出し、スキャン露光中にこれら調整機構を駆動する。特に、本実施の形態では、結像特性調整機構120のローテーション補正部43（ローテーション補正機構）を用いることにより、図21に示すように、スキャン方向及び非スキャン方向と共に曲線状に変形した感光基板の変形に合わせて、投影領域M1, M2, M4, M5をローテーション補正している。その結果、投影領域M2, M4と、投影領域M1, M3, M5とが、滑らかに継ぎ合わされることになり、連続した1つの大きなパターンをより一層露光むらなく露光することができる。

【0117】なお、図2, 3のように、ローテーション補正部の後に視野絞り34を通る場合、投影領域の位置は変わらず、その領域に投影されるパターンのみが回転するようになる。従って、図21と同様に補正する場合、直角プリズム35にローテーション補正部を設けるようにするとよい。

【0118】これまで説明してきた走査型露光装置は、あらかじめ、露光結果により誤差の非線形成分を求める、装置上の補正值として記憶装置51に登録しておき、補正值に基づいて投影光学系のスキャン方向及び非スキャン方向の像調整機構を連続的に制御しながらパターン露光を行うものであり、補正值を記憶装置51に登録するために、マスク10及び感光基板14を用いて誤差を測定をする必要があった（但し、この誤差測定は、登録データが必要な場合にのみあらかじめ実行してデータを蓄積しておけばよく、所要データが登録されている場合は不要である）。

【0119】ここで、非線形成分を補正するための測定ポイントを感光基板に多数設置し、これら測定ポイントをアライメント時に検出して補正值を求めるようすれば、試し露光を行わない走査型露光装置が実現可能である。例えば、図6及び図18に示した測定ポイントの代りにアライメントマークとして多数配置し、アライメント位置検出により線形成分と非線形成分の両方を算出する。また、非スキャン方向の非線形補正是アライメントマークを用い、スキャン方向の非線形補正については、バーニヤもしくは、重ね計測用マークを用いることも可能である。なお、アライメントマークを多数配置してのでは、感光基板にランダムな非線形成分がある場合にも適切に補正が可能である。また、上記マークの代わりに感光基板14上に作製された露光パターン（実パターン）

ン）を直接読み取り、読み取った結果を画像処理して感光基板14の変形量を求める方法でもよい。

【0120】前記の例では、露光中のアライメント・ポイント数が増加するため、処理能力が低下することが問題となる。そこで、前記の例を、全感光基板にて実施するのではなく、ロット最初もしくは最初の複数枚の感光基板で実施し、残りの感光基板に関しては、その実施結果に基づいて補正するようにしてもよい。このようにすれば、処理能力を低下させることなく誤差を最小限にすることができる。

【0121】なお、上記各実施の形態では、複数の結像光学系をもつ露光装置に適用例であるが、試し露光を用いない方法や、ロット最初もしくは最初の複数枚の感光基板で実施する方法は、複数の結像光学系をもつ露光装置以外でも適用可能である。また、マスクのパターン（種類）に応じて、精度をあまり必要としないパターンのときと、精度の厳しいパターンのときとで選択して実行するようにしてもよい。

【0122】なお、上述の例ではローテーション補正部と倍率調整部を両方とも上段のダイソン型光学系に設けているが、下段のダイソン型光学系に設けても、上段と下段のダイソン型光学系に分けて設けてもよい。また、シフター41, 42はマスク10と投影レンズ32との間に配置するように設けているが、基板14と投影レンズ36との間に設けるようにしてもよい。また、露光装置において、投影光学系に対して基板を載置したステージを走査する場合に、そのステージの走り精度に誤差があり、直線的に走査を行っていない場合においても、投影光学系に設置した本発明の結像特性調整機構を用いて光学的に投影像の位置を補正することにより、基板上に精度よくパターンを露光することが可能となる。

【0123】また、直角プリズム31の回転量をモニターする場合に、マスクのパターンをステージに投影してその像を撮像素子で検出して、相対的に合わせるように説明したが、直角プリズム31の面に対して光ビームを照射してその戻り光の位置を計測することにより、実際に直角プリズム31が傾斜した量を計測するようにしてもよい。マスクパターンの描画誤差についても、投影光学系に設けられた本発明の結像特性調整機構を用いると、基板上に投影する際に補正することが可能である。

【0124】

【発明の効果】本発明によれば、投影光学系に基板に投影する投影像の位置を調整する結像特性調整機構を備え、結像特性調整機構により投影像のシフト、回転、焦点位置、倍率が制御可能となるため、複数の投影光学系の組立時の調整が容易になり、装置運用中に再調整の必要が生じた場合にも、装置停止時間を短縮することができる。また、走査露光において、線形補正の誤差の残留成分を最小限に抑えることができ、感光基板及びデバイスの大型化が進む中において高精細化を実現するこ

とができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による走査型露光装置の一例の概略的な構成を示す図。

【図 2】投影光学系に備えられたレンズモジュールの補正機構を示す図。

【図 3】投影光学系の詳細斜視図。

【図 4】投影光学系の詳細側面図。

【図 5】転写像の位置を示す線略図。

【図 6】基板ステージ上に保持された感光基板の上面図。

【図 7】マスクの上面図。

【図 8】アライメント系によって撮像されたマスクマークの図。

【図 9】アライメント系によって撮像されたマスクマークと基板マークの図。

【図 10】感光基板の変形例を示す図。

【図 11】基板マークを配置例を示す図。

【図 12】走査方向の露光誤差の非線形成分を登録する処理を示すフローチャート。

【図 13】補正量を演算を説明する図。

【図 14】非線形成分の補正のシーケンスを示す図（その1）。

【図 15】非線形成分の補正のシーケンスを示す図（その2）。

【図 16】走査露光のシーケンスを示すフローチャート。

【図 17】感光基板の変形例を示す図。

【図 18】基板マークを配置例を示す図。

【図 19】非線形成分の補正のシーケンスを示す図（その1）。

【図 20】非線形成分の補正のシーケンスを示す図（そ

の2）。

【図 21】非線形成分の補正を示す図。

【図 22】従来の走査型露光装置の概略の構成を示す斜視図。

【図 23】図 20 の要部を示す図。

【図 24】従来の走査型露光装置によるスキャン及びステップの露光イメージを示す図。

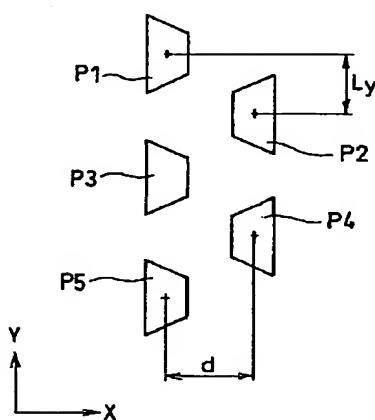
【図 25】従来の走査型露光装置で行われるマスクと感光基板との位置合わせ（アライメント）動作を説明する図。

【図 26】プロセス中に生じるプレートの変形を説明する図。

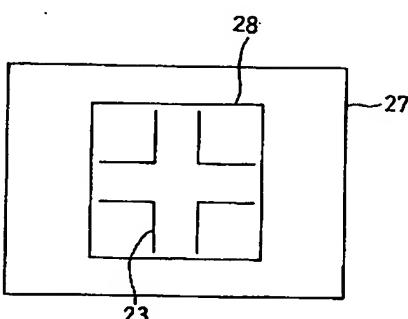
【符号の説明】

L 1～L 5…照明光学系、9…視野絞り、10…マスク、10a…パターン領域、11a～11e…照明領域、12a～12e…投影光学系（結像光学系）、13a～13e…投影領域、14…感光基板、14a、14b…パターン露光領域、15…基板ステージ、16Y…Y方向駆動装置、17X、17Y…位置測定装置、18Y…Y方向駆動装置、19X、19Y…位置測定装置、20a、20b…アライメント系、22a、22b…基板マーク、23a～23j…マスクマーク、24a～24j…基板マーク、24k～24p…アライメントマーク、27…観察視野、28…指標マーク、31…直角プリズム、32…レンズ、33…凹面鏡、34…視野絞り、35…直角プリズム、36…レンズ、37…凹面鏡、41、42…平行平板ガラス、43…プリズム台、44a、44b…ピエゾ素子、45…ズーム光学系、46…アクチュエータ、47…補正光学系、50…制御装置、51…記憶装置、55…撮像素子、M1～M5…投影領域

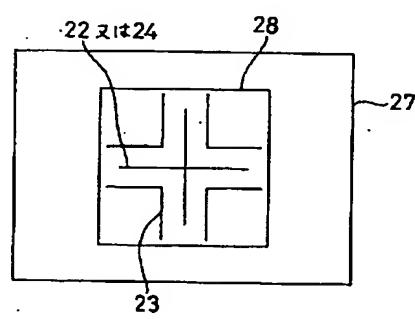
【図 5】



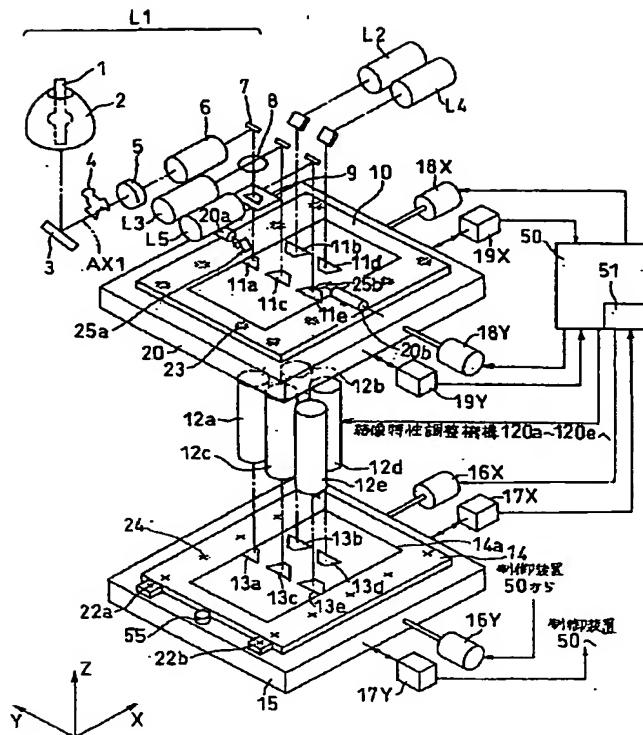
【図 8】



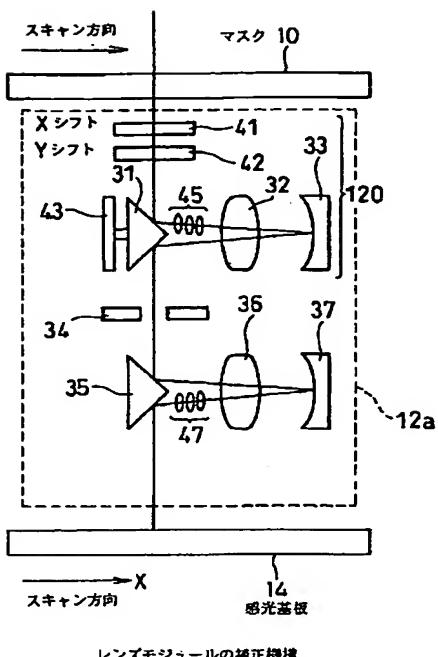
【図 9】



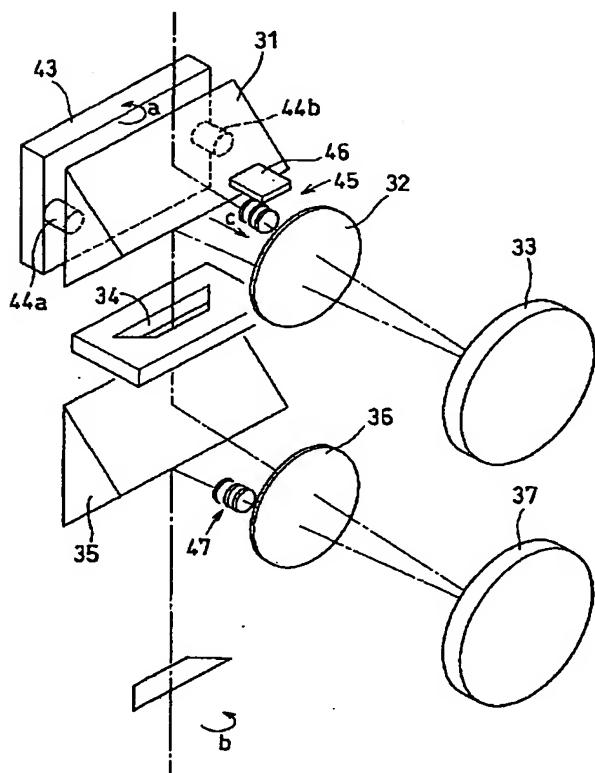
【図1】



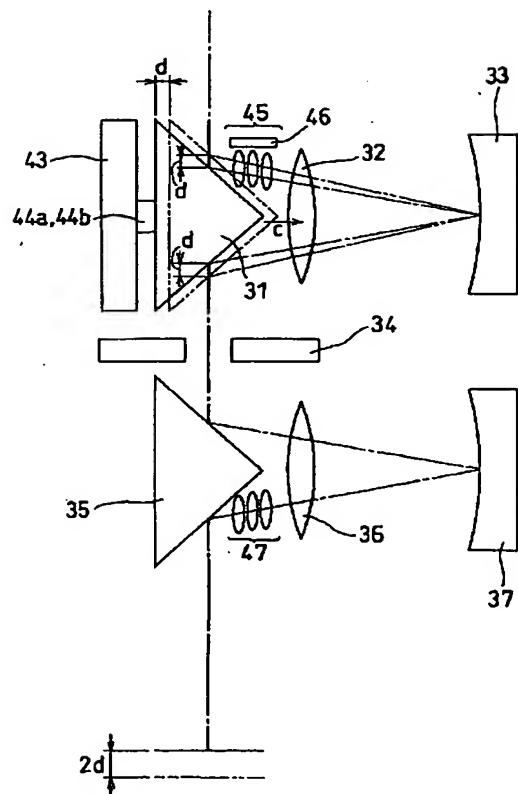
【図2】



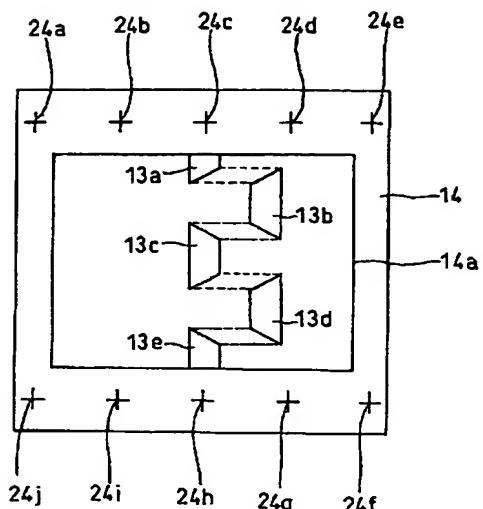
【図3】



【図4】

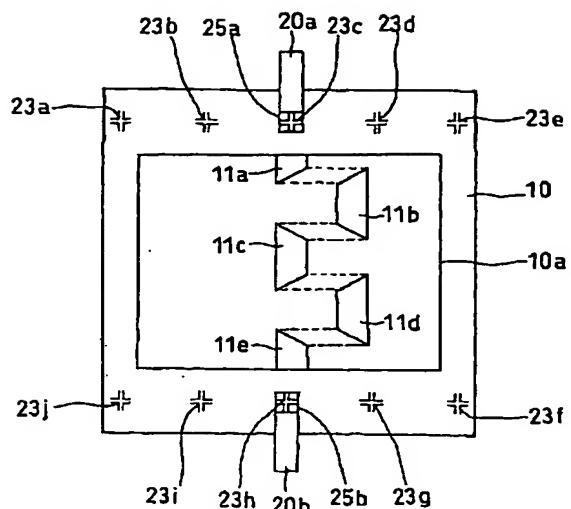


【図 6】



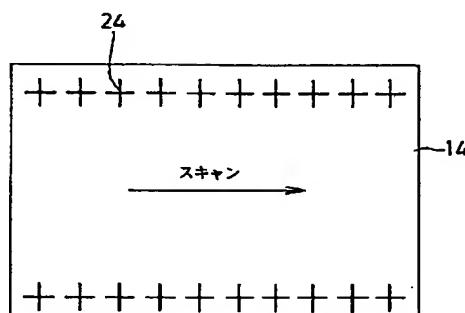
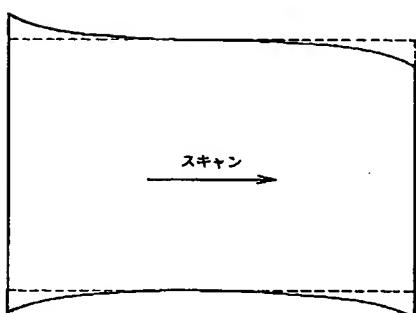
X
Y

【図 7】

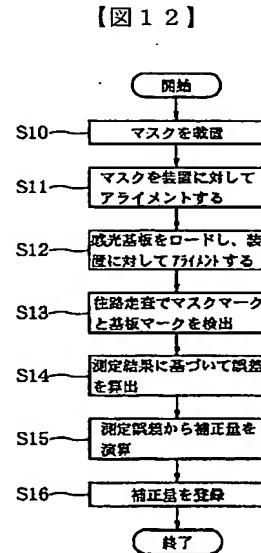


X
Y

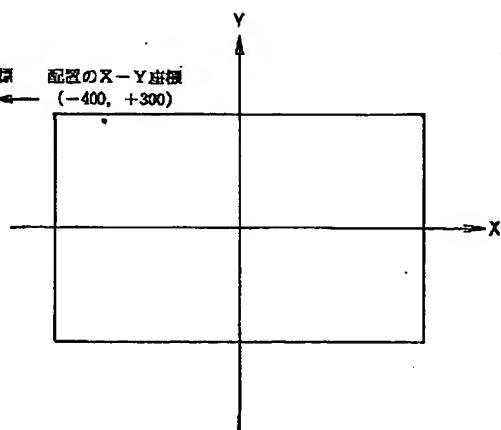
【図 10】



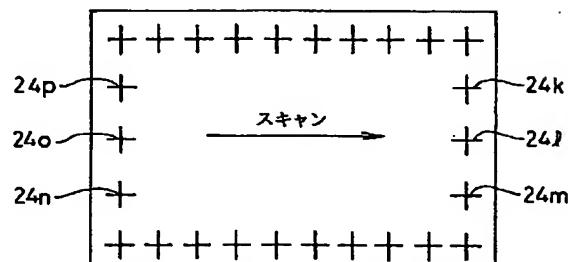
【図 12】



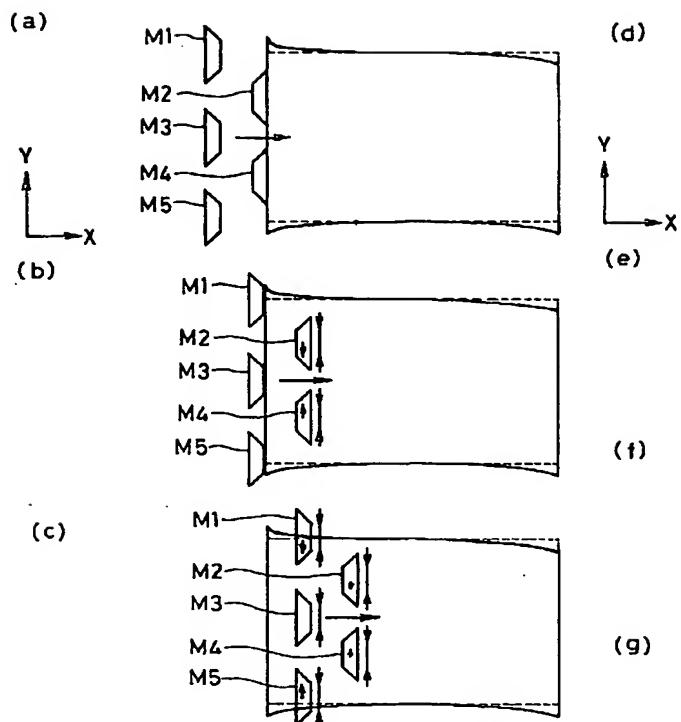
補正量のX-Y座標 配置のX-Y座標
(+0.5, -0.5) ←→ (-400, +300)



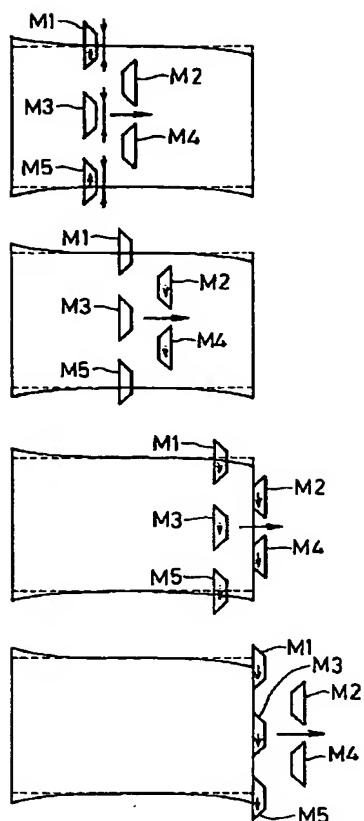
【図 18】



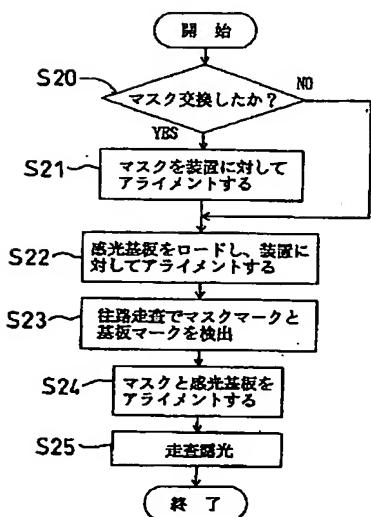
【図 14】



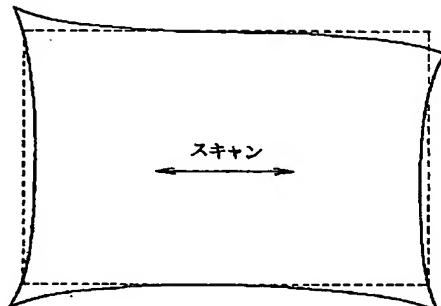
【図 15】



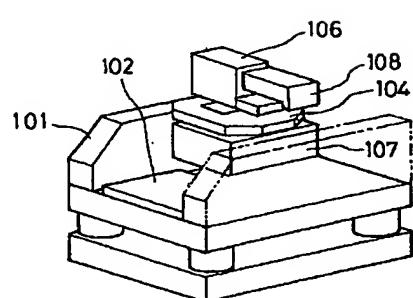
【図 16】



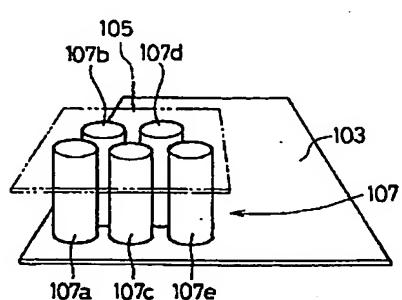
【図 17】



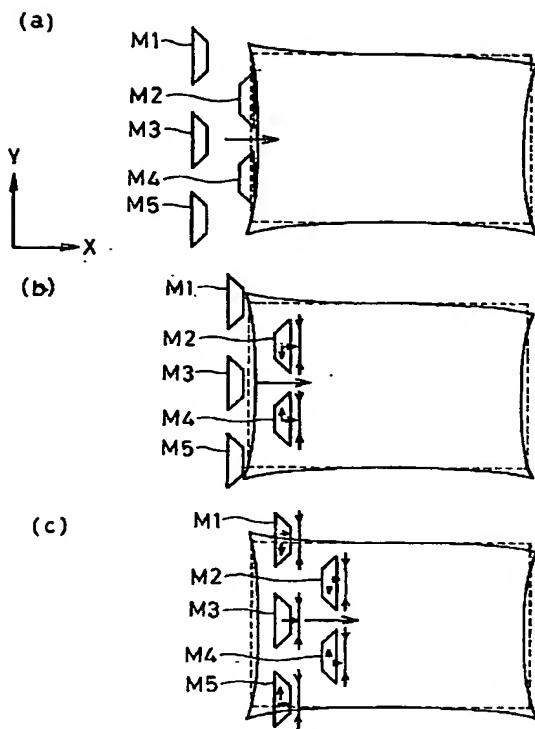
【図 22】



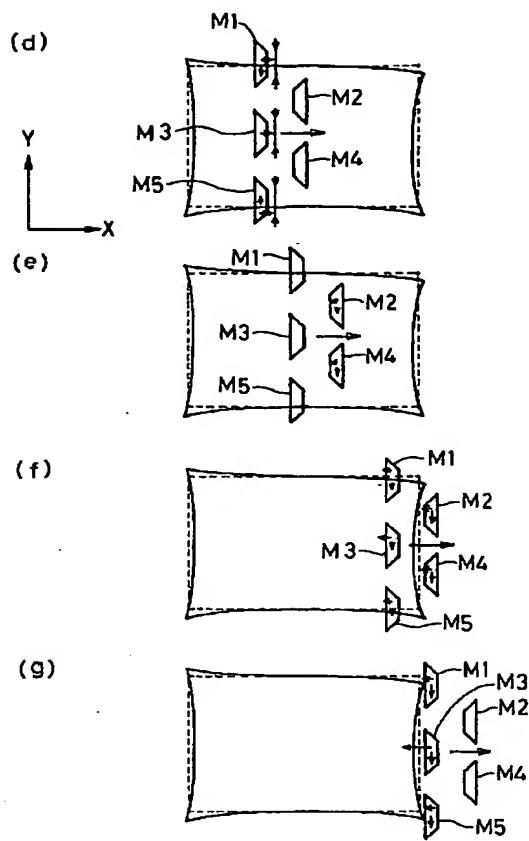
【図 23】



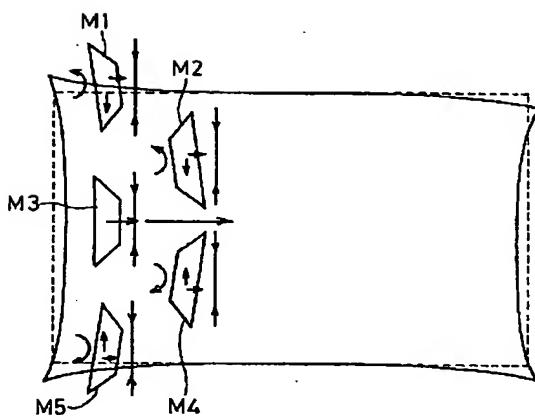
【図 19】



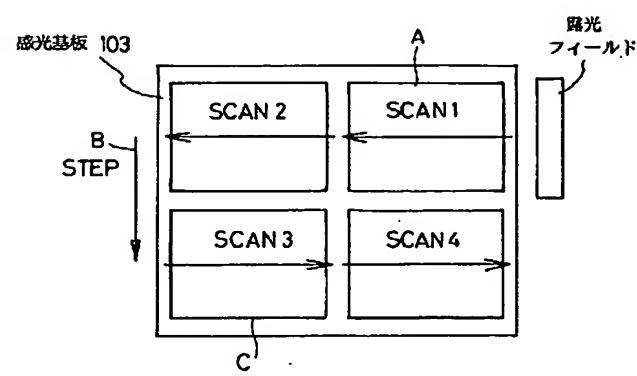
【図 20】



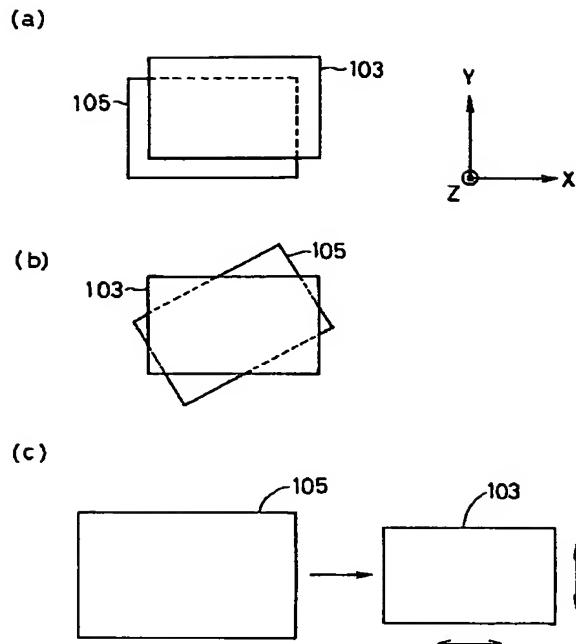
【図 21】



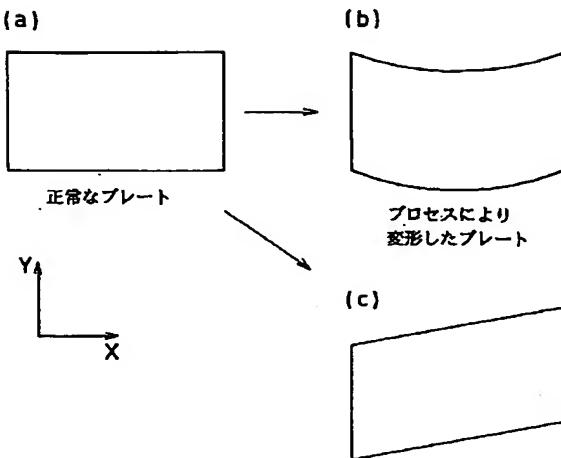
【図 24】



【図25】



【図26】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I
H O 1 L 21/30

テーマコード(参考)

518

F ターム(参考) 2H097 AA12 AB09 BA10 EA01 GB00
KA03 KA29 LA12
5F046 AA11 BA05 CA02 CB05 CB20
CB23 CB25 CC01 CC02 CC03
CC05 DA13 DA14 DD06 EA02
EB01 EB02 EC05 ED02 ED03
FA10 FC04